

ANÁLISE DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR AGROTÓXICOS NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ CUMARU -MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-AÇU (PA)

Lilianne Maia Lima¹; Eliene Lopes de Souza² & Ricardo de Oliveira Figueiredo³

Resumo - Na agricultura familiar na Amazônia oriental, e em particular do nordeste do Pará, são comuns os cultivos semi-perenes industriais com pesada aplicação de agrotóxicos. Este estudo foi conduzido com o objetivo de analisar o potencial de contaminação das águas subterrâneas por agrotóxicos na bacia hidrográfica do igarapé Cumaru, município de Igarapé-Açu (PA). Além disso, buscou-se quantificar o processo geoquímico de sorção. O risco de contaminação das águas subterrâneas foi analisado através do índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*). Para realizar o experimento de sorção utilizou-se o dimetoato, agrotóxico que apresentou maior potencial para contaminar as águas subterrâneas segundo o índice GUS. O experimento de sorção mostrou que, em termos percentuais a sorção do dimetoato pelos sedimentos da zona não saturada foi baixa, comprovando o elevado potencial de contaminação da água subterrânea por essa substância, que se deve principalmente, à sua mobilidade e baixa retenção.

Abstract - On smallholder farm in eastern Amazonia, in particular northeast of Pará, are common the industrial half-perennial crops using heavy pesticides application. This study had the objective to analyze the potential of pesticides contamination on groundwater in the Cumaru watershed, Igarapé-Açu county (Pará). Moreover, the process of sorption were quantified. The risk of contamination of groundwater was analyzed through index GUS (*Groundwater Ubiquity Score*). To carry through the sorption experiment it was selected the dimethoate, pesticide that presented the greatest potential to contaminate groundwater according to index GUS. The sorption experiment showed that the sorption percentage of the dimethoate on the sediments in the not saturated zone

¹ Embrapa Amazônia Oriental (BOLSISTA/projeto TIPITAMBA), Tv. Enéas Pinheiro s/n, Bairro do Marco, CEP 66095-100, Belém-Pará, liliannemaia@bol.com.br

² Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Rua Augusto Corrêa s/n, Bairro do Guamá, CEP 66075-110, Belém-Pará, eliene@interconect.com.br

³ Embrapa Amazônia Oriental (PESQUISADOR), Tv. Enéas Pinheiro s/n, Bairro do Marco, CEP 66095-100, Belém-Pará, ricardo@cpatu.embrapa.br

was low, demonstrating the high contamination potential to the groundwater of this pesticide that comes mainly from its mobility and low retention.

Palavras-Chave - Água subterrânea; Agrotóxico; Agricultura familiar.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O cenário da agricultura familiar na Amazônia Oriental, e em particular do nordeste do Pará, caracteriza-se pela ocorrência de cultivos semi-perenes industriais, notadamente maracujá e pimenta-do-reino, com pesada aplicação de agrotóxicos (Kanashiro & Denich, 1998[1], Silva *et al.* 1999[2], Denich *et al.* 2001[3], Vielhauer *et al.* 2001[4]). Os agrotóxicos podem contaminar o solo, o ar, as águas superficiais e subterrâneas e causam problemas à saúde do homem, seja através da exposição direta (manuseio dos produtos) ou indireta (resíduos em alimentos e água) (Nemeth-Konda *et al.*, 2002[5]). A maior parte dos princípios ativos utilizados nas várias formulações dos agrotóxicos possui propriedades genotóxicas, isto é, atacam direta ou indiretamente o patrimônio genético dos seres vivos, animais, plantas e outros, causando alterações permanentes nas unidades que controlam a hereditariedade entre as gerações - os genes - assim como o metabolismo (Ferrari, 1986[6]).

Em geral, na bacia do igarapé Cumaru (Figura 1), localizada no município de Igarapé-Açu (PA) (Figura 2), os agrotóxicos são utilizados com bastante frequência, principalmente no cultivo do maracujá. Cerca de 46% dos produtores efetuam 4 aplicações mensais, 29% efetuam 8 aplicações por mês, 11% duas aplicações mensais, 11% uma vez ao ano e 3% duas vezes ao ano (Amaral, 2001[7]). De acordo com esses números, constata-se que, em sua maioria, os agricultores utilizam os agrotóxicos fora do recomendado pelo Ministério da agricultura *apud* Amaral (2001), segundo o qual as aplicações devem ser espaçadas no mínimo por 15 dias, independentemente da incidência das pragas e do tipo de produto.

Em vista da grande utilização de agrotóxicos aliada à falta de conhecimento sobre seu comportamento, foi desenvolvida uma análise de risco de contaminação das águas subterrâneas, utilizando-se o índice GUS (Groundwater Ubiquity Score) (Gomes *et al.*, 2001[8]). Este índice permite conhecer o potencial de lixiviação dos agrotóxicos e pode ser utilizado como ferramenta auxiliar para identificação de agrotóxicos a serem priorizados em atividades de monitoramento ambiental. Foram desenvolvidos também experimentos em laboratório para investigar o processo de sorção atuante na zona não saturada. Esse processo ocorre na superfície dos sólidos, através de forças físicas ou químicas. A sorção é a interação do soluto (agrotóxico) da fase líquida com a superfície das partículas do solo/sedimento da zona não saturada. A tendência dos pesticidas à

lixiviação está intimamente relacionada com seu potencial de sorção. Molécula fortemente sorvida não se movimenta no sentido descendente do perfil. Assim, condições que favorecem a sorção desfavorecem a lixiviação (Brady, 1983[9]). O experimento de sorção foi realizado com o agrotóxico que apresentou maior potencial de lixiviação, dentre os mais utilizados na área, segundo o índice GUS.

Na bacia hidrográfica do Igarapé Cumarú a população local se auto-abastece através de poços rasos e também das águas superficiais. Desse modo, faz-se necessário que haja planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos no âmbito dessa bacia, proporcionando, assim, a utilização das águas de forma mais racional e econômica, com a preservação da sua qualidade.

O presente trabalho constitui um primeiro passo na busca de dados que possam contribuir para minimizar os riscos de contaminação das águas subterrâneas na bacia hidrográfica do Igarapé Cumarú.

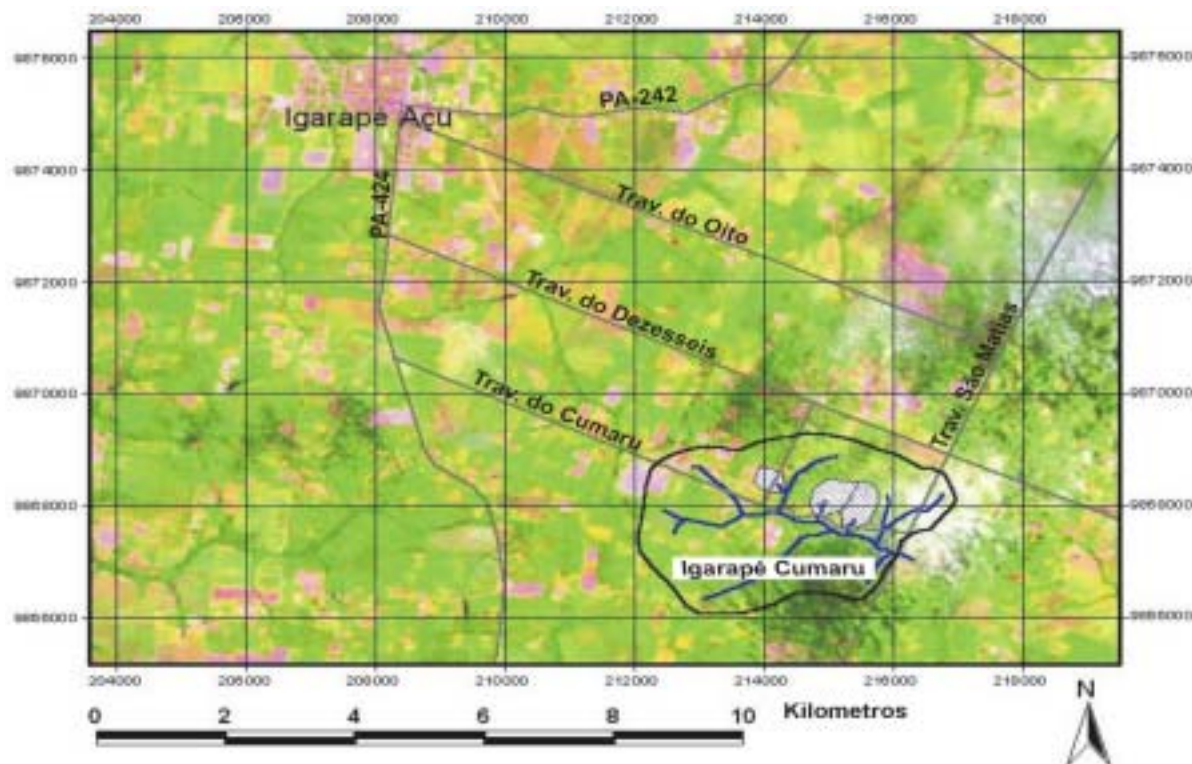


Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do Igarapé Cumarú (modificado de Wickel *et al.*, 2002[10]).

GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA LOCAL

De acordo com os perfis litológicos obtidos através das perfurações a trado manual, verificou-se que na área da bacia hidrográfica do Igarapé Cumaru, tanto em superfície como em subsuperfície, ocorrem sedimentos inconsolidados, areno-siltosos e areno-argilosos. Esses sedimentos apresentam coloração creme, amarela e amarelo-alaranjada, são pobremente selecionados, e contêm algumas vezes grãos esparsos de quartzo. As características litológicas desses sedimentos aliadas à análise da descrição da geologia regional permitem que sejam associados aos Sedimentos Pós-Barreiras. Na área, a espessura desses sedimentos é de aproximadamente 12 metros (Leão, 2003[11]).

O aquífero Quaternário é constituído por areias de granulometria fina a média, moderadamente selecionadas. Segundo Leão (2003[11]) o aquífero apresenta uma espessura média de cerca 12 m. Subjacente a ele ocorre o aquífero Barreiras, porém não se detêm informações deste, pois o estudo se limitou ao aquífero mais superior e mais vulnerável à contaminação.

A profundidade do nível estático acompanha a topografia do terreno. Nas áreas com cotas topográficas mais elevadas, o nível estático encontra-se a cerca de 13 metros de profundidade, enquanto que nas regiões mais baixas o nível estático não ultrapassa 3 metros. A transmissividade do aquífero é de $347 \text{ m}^2/\text{dia}$ e a porosidade efetiva de 0,25 (Leão, 2003[11]).

MATERIAL E MÉTODOS

Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas

A avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas foi realizada através do índice *Groundwater Ubiquity Score* (GUS). Esse índice foi aplicado para o dimetoato, difenoconazole, deltametrina e mancozeb (agrotóxicos utilizados na área). O índice GUS é calculado mediante fórmula matemática, tendo como parâmetros os valores de meia-vida do composto no solo (DT_{50}) e o coeficiente de adsorção à matéria orgânica (Koc). Esse índice é determinado através da equação:

$$\text{GUS} = \log(DT_{50} \text{ solo}) \times (4 - \log(Koc)) \quad (1)$$

Uma vez determinado o índice GUS para cada agrotóxico, os mesmos são classificados em três categorias distintas: $\text{GUS} = 1,8$ (Não sofre lixiviação), $1,8 < \text{GUS} < 2,8$ (Faixa de transição), $\text{GUS} \geq 2,8$ (Provável lixiviação).

Além de ser útil como ferramenta auxiliar para identificação dos agrotóxicos a serem priorizados em estudos mais demorados e dispendiosos, o índice GUS permite também a

identificação do meio em que a substância deve ser monitorada, ou seja, no sedimento ou na água. A partir dos resultados do cálculo do índice GUS foi selecionado o agrotóxico com maior potencial de lixiviação para ser utilizado no experimento de sorção.

Caracterização dos sedimentos da zona não saturada

Foram realizadas três perfurações a trado manual a fim de conhecer melhor a geologia da área e coletar amostras da zona não saturada destinadas a análises laboratoriais, visando a determinação das suas características. As amostras foram coletadas a cada metro perfurado ou quando identificou-se mudança na litologia. Posteriormente foram homogeneizadas, quarteadas e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. A determinação das frações areia, silte e argila foi realizada através da combinação dos métodos peneiramento e decantação, seguindo a metodologia do laboratório de sedimentologia da UFPA. A análise mineralógica foi realizada através do método de difração de raio X, em laboratório do Centro de Geociências-UFPA. O procedimento para determinação do pH do solo em água seguiu a metodologia proposta por Guimarães *et al.* (1970[12]). A determinação do teor de matéria orgânica seguiu a metodologia de análise dicromatométrica para determinação indireta de matéria orgânica em solos (Guimarães *et al.*, 1970[12]). O método está baseado na ação oxidante do dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido, sobre a fração do solo denominada carbono orgânico.

Estudo de sorção

A metodologia empregada na realização do experimento baseou-se em estudos realizados por Gao *et al.* (1998[13]) e Nemeth-Konda *et al.* (2002[5]), sendo modificadas algumas etapas.

Para realização do experimento de sorção foram utilizadas amostras coletadas em um perfil da zona não saturada, cujas características granulométricas, valores de pH, teores de matéria orgânica e argila se mostraram semelhantes aos de outros perfis da área. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2,0 mm de malha. Foram coletadas amostras nas profundidades de 0.0-0.30, 0.30-1.00, 1.00-3.00 e 3.00-5.00. As amostras dos sedimentos previamente preparadas foram colocadas em contato com soluções com 10 mg/L de dimetoato e pH, 5 durante 24 horas.

Esse valor de concentração é maior que o utilizado nos trabalhos de Gao *et al.* (1998[13]) e Nemeth-Konda *et al.* (2002[5]), nos quais foi utilizada concentração máxima de 5 mg/L. Entretanto, inicialmente desconhecia-se o comportamento do dimetoato, sabendo apenas que esta substância apresenta meia vida menor do que as das utilizadas pelos autores citados acima. Assim, por medida de segurança, optou-se por utilizar concentração mais elevada. Na escolha do valor de pH procurou-se levar em consideração o pH natural das águas e dos solos da região, buscando uma aproximação com situações reais.

A concentração de dimetoato utilizada no experimento foi obtida a partir da diluição da solução estoque de 400mg/L. O pH foi ajustado utilizando-se soluções de HCl e NaOH. Em frascos de vidro escuro, para evitar a fotoxidação, foram colocados 100g de amostra do sedimento, 1 litro da solução do dimetoato e 0.01 g de cloreto de cálcio, a fim de manter a força iônica. Após, misturou-se e ajustou-se o pH. Ao evitar a fotoxidação admite-se que qualquer diminuição no teor do dimetoato em solução será resultante de sua sorção na fase sólida, desprezando-se qualquer transformação do dimetoato em outras substâncias.

A mistura foi agitada durante 24 horas em agitador magnético à temperatura ambiente. Ao final, as amostras foram centrifugadas por 20 minutos a 3000 rpm. O sobrenadante foi recolhido e conservado a 4°C para posterior determinação do agrotóxico através de análises cromatográficas.

Determinação do pesticida

A quantificação foi feita em um cromatógrafo a gás HP6890 acoplado a espectrômetro de massas HP5973 e workstation para integração. Empregou-se uma coluna HP5MS (30m x 0,25mm x 0,25µm). A temperatura da coluna foi programada para iniciar em 60°C com rampa de aquecimento de 20°C por minuto até 300°C. A temperatura do injetor foi de 250°C e volume da injeção de 1µL, com o fluxo do gás hélio na vazão de 1mL/min. Todas as injeções foram efetuadas no modo *splitless*.

A quantificação do dimetoato sorvido nos sedimentos foi determinada utilizando a equação (Lopes *et al.*, 2002[14]):

$$x/m = v/m (C_p - C_e) \quad (2)$$

Onde:

x/m= quantidade do dimetoato sorvido por grama do solo (mg/g)

v= volume da solução de dimetoato adicionada (L)

m= massa do sedimento (g)

C_p= concentração do dimetoato na solução padrão adicionada (mg/L)

C_e= concentração do dimetoato na solução em equilíbrio com o solo (mg/L)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Risco de contaminação das águas subterrâneas

O risco de contaminação das águas subterrâneas foi determinado seguindo o índice GUS Os parâmetros utilizados para o cálculo do referido índice (meia vida do composto no solo e

coeficiente de adsorção à matéria orgânica) foram retirados da literatura (The pesticide manual, 2001[15]). É necessário salientar que esses valores foram determinados para clima temperado.

A tabela 1 apresenta os dados citados anteriormente, bem como o índice GUS calculado para cada um dos agrotóxicos utilizados na bacia hidrográfica do Igarapé Cumaru.

Tabela 1- parâmetros utilizados para o cálculo o índice GUS e o valor obtido.

AGROTÓXICOS	KOC (mL/g)	DT ₅₀ solo (dias)	GUS
DIMETOATO	16.25	7-16	2,36-3,36
DIFENOCONAZOLE	-	145	-
DELTAMETRINA	460.000	23	2,26
MANCOZEB	2.000	6-15	0,54-0,82

Dentre os agrotóxicos mais utilizados na bacia, o dimetoato apresenta maior potencial de lixiviação sendo classificado entre as faixas de transição e provável lixiviação. Assim, com base no índice GUS, o dimetoato apresenta-se como um provável contaminante das águas subterrâneas. Porém, esta contaminação poderá não ocorrer quando as condições do solo favorecerem a sorção e a degradação da substância. Tendo em vista esse fato, o dimetoato foi o agrotóxico selecionado para a execução do experimento de sorção.

Características da zona não saturada

As características granulométricas, o pH e o teor de matéria orgânica dos sedimentos da zona não saturada estão apresentadas na tabela 2. Esta zona caracteriza-se por apresentar a fração areia predominante em todo o perfil, principalmente nos horizontes superiores e nas proximidades da superfície freática. A fração areia foi classificada através do *software* ANASED 5.0 como areia média, moderadamente selecionada.

Verifica-se em todo o perfil que as amostras são constituídas por quartzo e caulinita. Os elevados teores de quartzo estão relacionados com sua elevada estabilidade frente aos processos intempéricos. Esse mineral se comporta inerte quimicamente nas faixas de pH e temperatura da região. A dominância da caulinita é condizente com o clima tropical úmido da região amazônica (Goulart 1982[16]).

Tabela 2- Características dos sedimentos da zona não saturada.

PROF. (m)	AREIA (%PESO)	SILTE (%PESO)	ARGILA (%PESO)	pH	MATÉRIA ORGÂNICA (%)
0.0-0.30	85.33	9.83	4.84	5.00	3.00
0.30-1.0	84.78	9.96	5.25	5.14	1.52
1.0-3.0	81.84	11.63	6.52	4.56	0.37
3.0-5.0	82.20	5.86	11.9	4.28	0.32

Em todo o perfil, as amostras apresentam caráter ácido, com valores de pH variando de 4.28 a 5.20. No geral, ocorre um ligeiro aumento dos valores de pH em direção à superfície, devido ao fluxo de água meteórica que lava os horizontes superficiais, removendo os ácidos orgânicos (Goulart, 1982[16]).

Os teores de matéria orgânica presentes nos horizontes investigados são muito baixos, não ultrapassando 3.3%. De modo geral, verifica-se um empobrecimento dos teores de matéria orgânica com a profundidade. No nível mais superficial da zona não saturada foram determinados os teores dos nutrientes: P, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e Na⁺, cujos valores se mostraram baixos, de (1 a 3 mg/dm³), (0,010 a 0,033 cmolc/dm³), (0,40 a 1,00 cmolc/dm³), (0,40 cmolc/dm³) e (0,009 a 0,017 cmolc/dm³), respectivamente. Esse mesmo nível apresenta baixos valores de soma de bases trocáveis e capacidade de troca de cátions, os quais variam de 0,82 a 1,45 cmolc/dm³ e de 3,13 a 6,73 cmolc/dm³, respectivamente.

Quantificação do agrotóxico sorvido

Os resultados do experimento são mostrados na figura 3. Como as análises foram realizadas em duplicatas, esses resultados representam a média das duas determinações. Verificou-se que os valores sorvidos pelos sedimentos da zona não saturada são relativamente baixos, variando de 17% a 31%. De um modo geral, nota-se que esses valores diminuem com a profundidade. Apenas na profundidade de 1.00 a 3.00 m essa tendência não foi verificada, podendo esta exceção refletir algum problema durante a execução do experimento. A diminuição da sorção com o aumento da profundidade provavelmente está relacionada com o conteúdo de matéria orgânica dos sedimentos, como foi verificado por Lopes *et al.* (2002[14]) ao estudar a influência da matéria orgânica na adsorção do fungicida triadimenol pelo solo. No referido estudo, os autores verificaram que a afinidade do triadimenol pela matriz aumenta com o teor de matéria orgânica.

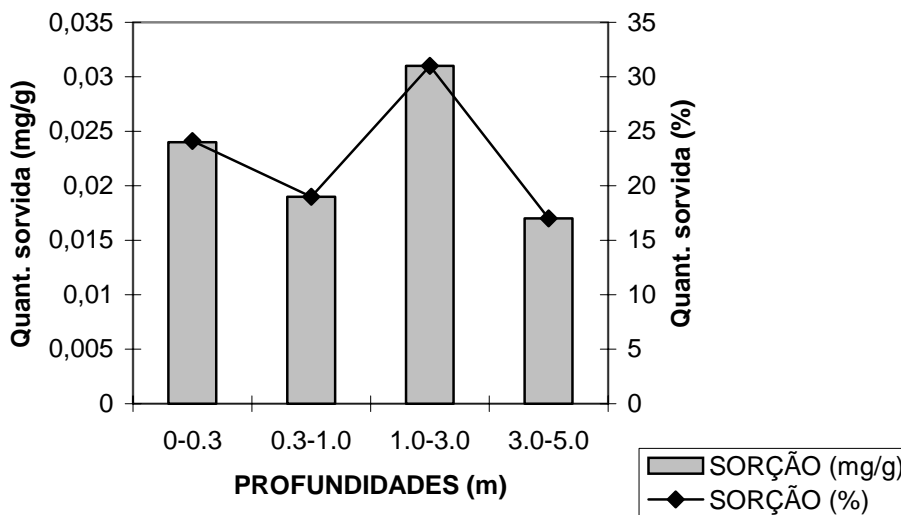


Figura 3 - Relação entre a quantidade sorvida de dimetoato e a profundidade dos sedimentos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na bacia hidrográfica do igarapé Cumaru os agrotóxicos, entre eles o dimetoato, deltametrina, difenoconazole e mancozeb são utilizados com elevada frequência, sem preocupação com a integridade dos recursos hídricos.

A partir da análise de risco verificou-se que o dimetoato apresenta maior potencial para contaminar as águas subterrâneas, com índice GUS variando de 2,36 a 3,36. Mesmo o agrotóxico apresentando potencial de contaminação, esta pode não ocorrer, desde que as condições locais permitam a sorção e degradação da substância.

O experimento mostrou que, em termos percentuais, a sorção do dimetoato pelos sedimentos da zona não saturada variou de 17% a 31%. Esses dados comprovam o elevado potencial de contaminação da água subterrânea por essa substância, que se deve, principalmente, à sua mobilidade e baixa retenção.

Com base no presente estudo, recomenda-se que seja efetuado o monitoramento das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do igarapé Cumaru, a fim de verificar os níveis de ocorrência do dimetoato nessas águas, já que o contaminante mostrou sofrer pouca retenção. Recomenda-se também estudos mais detalhados, a fim de conhecer o comportamento do dimetoato e de outros compostos que apresentem alto potencial de lixiviação. É igualmente recomendável o uso de *software* que simule o movimento dos compostos químicos na zona não saturada.

Embora o dimetoato tenha mostrado baixa retenção é necessário considerar que a alta evaporação da região e as temperaturas médias registradas poderão favorecer os processos de

volatilização das moléculas. Além disso, deve-se considerar a influência da radiação solar da região que favorece a degradação dos agrotóxicos por fotólise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KANASHIRO, M. & DENICH, M. 1998. **Possibilidades de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia Brasileira**: estudos dos impactos Ambientais nas florestas e áreas abandonadas nos trópicos- SHIFT. Brasília: MCT/CNPq.
- [2] SILVA, A. A. DA; SOUSA FILHO, F. R. DE; CORTELETTI, J.; PINTO, W. DAS; SILVEIRA, J. L. DA; SILVA, S. R. M. DA; KASPER, A.; MARQUES, M. U. F. AND CAHETE, F. L. S. 1999. A historical dynamics of reproduction of agriculture in Igarapé-Açu (Northeast of the State of Pará): a study focusing on agrarian systems. In: THIRD SHIFT-WORKSHOP, Manaus, **Proceedings...** p. 67-82.
- [3] DENICH, M.; VIELHAUER, K.; SÁ, T. D. DE A. ; LÜCKE, W.; VLEK, P. L. G. 2001 Alternatives to slash-and-burn agriculture: a research approach for the development of a chop-and-mulch system. In: TEUTSCHER TROPENTAG, Bonn, **Proceedings...**, CD-ROM.
- [4] VIELHAUER, K.; DENICH, M.; SÁ, T. D. D. A. ; KATO, O. R.; KATO, M. DO S. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; VLEK, P. L. G. 2001 Land-use in a mulch-based farming system of small holders in the Eastern Amazon: In: TEUTSCHER TROPENTAG, Bonn, **Proceedings...**, CD-ROM.
- [5] NEMETH-KONDA, L.; FÜLEKY, GY.; MOROVJAN, GY.; CSOKAN, P. 2002. Sorption behaviour of acetochlor, atrazie, carbendazim, diazinon, imidacloprid and isoproturon on Hungarian Agricultural soil. **Chemosphere. 48** : 545-552.
- [6] FERRARI, A. 1986. **Agrotóxicos - a praga da dominação**. 2. ed. Porto Alegre: Mercado Aberto. 88p.
- [7] AMARAL, C.M.L. 2001. **Agricultura y Riesgo Ambiental en las Microcuencas del Cumaru y Caripi en la Amazonia Brasileña**: efectos del uso de los agroquímicos. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 92 p. (Dissertação de Mestrado em Educação para o Desenvolvimento e Conservação).
- [8] GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTE, V. L. 2001. Ocorrência do herbicida Tebuthiuron na água subterrânea da microbacia do córrego Espreado, Ribeirão Preto-SP. **Pesticidas : Rev. Ecotoxicol. e Meio Ambiente, 11** : 65-76.
- [9] BRADY, N.C. 1983. **Natureza e propriedade dos solos**. 6.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 647p.

- [10] WICKEL, A.J.; VAN DEGIESEN, N.C; SÁ, T.; MELO JR. H.R.; VLEK, P.L.G.; VIELHAUER,K.; DENICH, M. 2002. **Water and nutrient dynamics at various spatial scales of the Cumaru Watershed, Eastern Amazon region, Brazil**: first results. Spring Meeting American Geophysical Union (AGU): Washington D. C., USA, May.
- [11] LEÃO, L. M. 2003. **Caracterização hidrogeológica em área de agricultura intensiva na microbacia do Igarapé Cumaru, nordeste do Pará**. Belém: Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 102p (Dissertação de mestrado).
- [12] GUIMARÃES, G. de A.; BASTOS, J.B.; LOPES, E. de C.1970. **Métodos de análise física, química e instrumental de solos**. Belém, Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Norte. 112p. (Série: Química de solos).
- [13] GAO, J. P.; MAGUHN, J.; SPITZAUER, P.; KETTRUP, A. 1998. Sorption of pesticides in the sediment of the teufelsweiher pond (Southern Germany). I: Equilibrium Assessments, effect of organic carbon content and pH. **Water Res.**, **32** : 1662-1667.
- [14] LOPES, N.P.;QUEIROZ, M.E.L.; NEVES, A.A. 2002. Influência da matéria orgânica na adsorção do fungicida triadimenol pelo solo. **Química Nova**, **25** (4) : 544-547,
- [15] THE PESTICIDE MANUAL. 2001. 12 ed., version 2.1. The British Crop Protection Council.
- [16] GOULART, A. T. 1982. **Intemperismo químico de rochas graníticas na zona bragantina, nordeste do Pará**. Belém, Universidade Federal do Pará. 47p. (Dissertação de Mestrado).